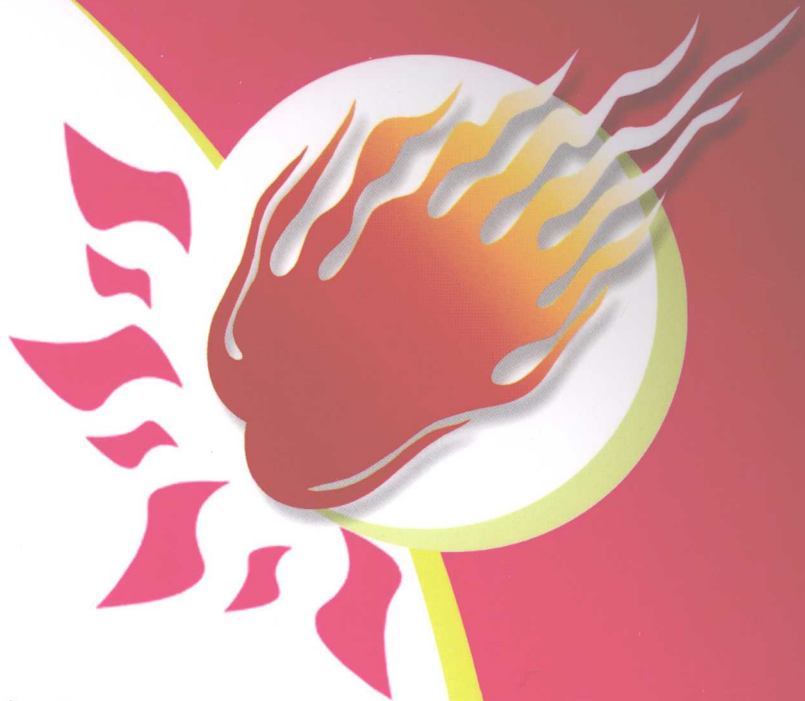


提升劳动力素质
是实施科教兴国战略
加快转变经济发展方式
实现经济社会可持续发展的重要举措
为加快推进经济转型升级以及加强高技能人才培养
切实实施提升劳动力素质行动计划
浙江省人力资源和社会保障厅
规划了提升劳动力素质培训系列教材
浙江省职业技能教学研究组织编写了
第一批提升劳动力综合素质及与浙江特色产业
紧密联系的专业素质培训教材后
进一步扩大培训教材开发的层次和范围
预计用五年左右时间开发并形成较为完整的
适应区域经济发展需要的劳动力素质提升系列丛书
本套太阳能利用培训丛书共五册
分别为
《新能源概述》
《太阳能热利用技术》
《太阳能光伏技术》
《太阳能工程设计与施工》
《太阳能产品营销策略》
教材针对性强
目的明确
按现代职业教育最新理念编写
突出了职业培训的技能特点
适合于太阳能企业职工及企业经营管理人员提升素质培训
也是技工院校培养太阳能行业技能人才的良好教材



太阳能光伏技术



太阳能利用培训丛书
Taiyangneng Liyong
Peixun Congshu

主 编 王志娟

太阳能是一种取之不尽、用之不竭的能源
据估算，地球上每年接收的太阳能
相当于地球上每年燃烧其他燃料所获能量的3000倍
因此大力开发利用太阳能是21世纪的高新技术
太阳能发电是最理想的新能源
本书从系统构成到主要部件
从系统设计到生产工艺流程
从安装调试到系统的规范管理与维护
对太阳能光伏发电技术进行了全面、系统的介绍
全书共分十一个单元
主要内容包括
太阳能电池、太阳能电池组件及方阵
蓄电池、直流—交流逆变器
功率控制器、光伏系统设计
太阳能光伏电源系统的生产等
本书采用单元、课题编写方式
以陈述性知识辅导程序性知识为主要教学内容
有利于习得知识、强化技能、提高能力
本书注重基本概念、基本原理的阐述
并在大量的阅读材料中辅以实例
以便于学习者理解并能在实践中运用
每个单元后列出了一些练习与提高题
方便学习者对内容进行回顾、复习和掌握

浙江科学技术出版社



太阳能光伏技术



太阳能利用培训丛书
Taiyangneng Liyong
Peixun Congshu

主 编 王志娟

浙江科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏技术/王志娟主编. —杭州: 浙江科学技术出版社, 2009. 9

(太阳能利用培训丛书/洪惠明主编)

ISBN 978-7-5341-3666-5

I. 太… II. 王… III. 太阳能发电 IV. TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 148339 号

丛 书 名 太阳能利用培训丛书
书 名 太阳能光伏技术
主 编 王志娟

出版发行 浙江科学技术出版社
杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006
联系电话: 0571-85152486
E-mail: ycy@zkpress.com

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司制作
印 刷 杭州丰源印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店

开 本 710×1000 1/16 印 张 16
字 数 257 000 插 页 1
版 次 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5341-3666-5 定 价 33.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题,本社负责调换)

责任编辑 余春亚
责任校对 张 宁

封面设计 孙 菁
责任印务 李 静

《太阳能利用培训丛书》编委会

顾 问 罗运俊 傅建中 王唤明 徐朱灵

总 主 编 洪惠明

副总主编 张成方

编 委 (按姓氏笔画排序)

王志娟 王晓华 邢树海 吕国平 朱肖华

羊利明 汤 俊 李德恒 沈志兵 张春阳

张映红 陈甫林 陈海峰 贾建康 夏 青

徐 炜 黄耀华 章勤芳

本册主编 王志娟

本册参编 吕秀静 施小明 施建国 严彩娟 陈 杰

序 言

能源是人类生活和社会发展的物质基础。煤炭、石油、天然气等常规能源曾极大地支撑和推动着人类社会的进步和发展,但是由于石化能源的大规模开采和应用,造成资源日益枯竭、环境不断恶化、气候反常逐年加剧,而且还诱发了不少国家和地区的政治纠纷和经济冲突,甚至导致局部战争。

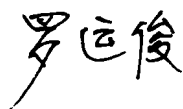
我国是世界上最大的煤炭消费国,煤炭消费量约占总能耗的三分之二,这是导致环境污染、生态恶化的重要原因。因此,大力开发和利用太阳能不仅是全人类的重要任务,也是我国发展国民经济和建设小康社会的战略目标。

我国太阳能资源十分丰富,可利用面积达 96.3%,尤其是在大西北,太阳能的开发利用具有巨大的潜力,是一个十分诱人的产业。为了培养我国太阳能产业的专业技术人才,在全国太阳能企业最多地区的海宁市技工学校设立创办了太阳能专业,组织了国内太阳能专家、专业教师编写了《新能源概述》、《太阳能热利用技术》、《太阳能光伏技术》、《太阳能工程设计与施工》、《太阳能产品营销技术》全套培训教材,共五册。教材着重解析了太阳能行业的技术、信息、营销、工艺、生产、安装及国家行业标准有关内容,同时还引入了当前市场上许多新的资料,颇为实用。教材创新教育思想,突出能力本位,强调操作技能训练,采用模块、课题编写方式,以工作过程为导向,以职业活动为核心,以陈述性知识辅导程序性知识为主要教学内容,有利于学习知识、强化技能、提高能力。

本套教材也是提升该行业劳动力素质的有效举措。太阳能利用产业作为新兴产业,从事该行业的劳动力素质偏低,缺乏系统的学习资料与培训机构。海宁市技工学校填补了国内空白,可为在职职工的素质提高、转岗和新生职工的专业培训提供条件。学员通过本教材的系统学习,将会使自身技术素质和营销能力达到一个新的水平。此外,教材内容较系统、全面,实用性和可读性强,对有志于从事开发、利用太阳能行业的人员具有参考价值。

一所技工学校,锐意进取,四处求教专家,编写了这套丛书,精神可嘉。但书中难免有不足和欠妥之处,我们应抱着关怀与爱护之心,善意指教,使他们的工作做得更好,使阳光产业更加光明。

北京市新能源与可再生能源协会太阳能热利用专业委员会主任
原中国农村能源行业协会太阳能热利用专业委员会秘书长



2009年8月10日

前 言

提升劳动力素质,是实施科教兴国战略、加快转变经济发展方式、实现经济社会可持续发展的重要举措。为加快推进经济转型升级以及加强高技能人才培养,切实实施提升劳动力素质行动计划,浙江省人力资源和社会保障厅规划了提升劳动力素质培训系列教材。浙江省职业技能教学研究所继组织编写了第一批提升劳动力综合素质及与浙江特色经济支柱产业紧密联系的专业素质培训教材后,进一步扩大培训教材开发的层次和范围,预计用五年左右时间开发并形成较为完整的适应区域经济发展需要的劳动力素质提升系列丛书。本套太阳能利用培训丛书共五册,分别为《新能源概述》、《太阳能热利用技术》、《太阳能光伏技术》、《太阳能工程设计与施工》、《太阳能产品营销策略》。教材针对性强,目的明确,按现代职业教育最新理念编写,突出了职业培训的技能特点,适合于太阳能企业职工及企业经营管理人员提升素质培训,也是技工院校培养太阳能行业技能人才的良好教材。

本书从系统构成到主要部件,从系统设计到生产工艺流程,从安装调试到系统的规范管理维护,对太阳能光伏发电技术进行了全面系统的介绍。

本书由海宁市技工学校负责编写,主编王志娟。全书共分十一个单元,第一、二、三、五、七单元由王志娟编写,第四、六单元由吕秀静编写,第八单元由施建国编写,第九单元由施小明编写,第十单元由严彩娟编写,第十一单元由陈杰编写。

本书在编写过程中,得到浙江大学傅建中教授的指导,并得到了浙江正利时环保材料有限公司、浙江雨林电子科技有限公司、海宁德立珑太阳能有限公司、海盐小博士电子科技有限公司、嘉兴北大华丰新能源有限公司、内蒙古大美国际贸易有限责任公司的大力支持,在此一并表示感谢!

浙江省职业技能教学研究所

2009年8月

目 录

C O N T E N T S

第一单元 概述 / 1

课题一 太阳能光伏发电系统的基本原理及运行方式 / 2

课题二 太阳能光伏发电系统的组成 / 6

课题三 国内外太阳能光伏发电现状及前景 / 8

练习与提高 / 12

第二单元 太阳能电池 / 13

课题一 太阳能电池特点及原理 / 14

课题二 太阳能电池的种类 / 20

课题三 太阳能电池制造工艺 / 33

课题四 太阳能电池的特性 / 41

练习与提高 / 48

第三单元 太阳能电池组件及方阵 / 49

课题一 太阳能电池组件的构造 / 50

课题二 太阳能电池组件的封装 / 54

课题三 太阳能电池组件生产工艺流程 / 56

课题四 太阳能电池组件的种类 / 59

课题五 太阳能电池方阵 / 69

练习与提高 / 72

第四单元 蓄电池 / 73

- 课题一 光伏系统所用的蓄电池 / 74
- 课题二 并网系统用蓄电池的选择 / 78
- 课题三 独立电源系统用蓄电池的选择 / 80
- 课题四 蓄电池的安装 / 83
- 练习与提高 / 84

第五单元 直流—交流逆变器 / 85

- 课题一 逆变器的概述 / 86
- 课题二 光伏发电系统中逆变器的原理与实现 / 89
- 课题三 逆变器功率器件的选择 / 94
- 课题四 逆变器产品实例 / 98
- 课题五 逆变器的安装、使用及维护 / 103
- 练习与提高 / 104

第六单元 功率控制器 / 105

- 课题一 功率控制器概述 / 106
- 课题二 功率控制器类型 / 108
- 课题三 功率调节器概述 / 111
- 课题四 功率调节器的保护功能 / 114
- 课题五 功率调节器的种类和选择方法 / 118
- 练习与提高 / 121

第七单元 相关设备和部件 / 122

- 课题一 旁路元件和防止逆流元件 / 123
- 课题二 接线箱 / 125
- 课题三 交流侧的设备 / 128
- 课题四 防雷措施 / 130
- 练习与提高 / 134

第八单元 光伏系统设计 / 135

- 课题一 光伏系统的组成和原理 / 136
- 课题二 光伏系统的分类与介绍 / 139
- 课题三 光伏系统太阳能电池方阵的容量设计 / 145
- 课题四 蓄电池设计方法 / 152
- 课题五 蓄电池和光伏组件方阵设计的校核 / 159
- 课题六 计算斜面上的太阳辐射并选择最佳倾角 / 161
- 课题七 光伏系统的硬件设计 / 166
- 课题八 太阳能光伏系统性能分析 / 172
- 课题九 光伏系统设计软件介绍 / 178
- 练习与提高 / 180

第九单元 太阳能光伏电源系统的生产 / 181

- 课题一 设计文件 / 182
- 课题二 工艺文件 / 186
- 课题三 整机装配工艺流程 / 188
- 课题四 太阳能光伏电源系统生产 / 190
- 课题五 太阳能光伏电源系统生产工艺简介 / 193
- 练习与提高 / 205

第十单元 太阳能光伏电源系统生产工艺实例简介 / 206

- 课题一 原材料、外购件检验规范 / 207
- 课题二 直流灯生产工艺规范 / 209
- 课题三 功率控制器生产工艺规范 / 211
- 课题四 太阳能光伏电源系统生产线检测规程 / 214
- 课题五 成品检验规程 / 217
- 练习与提高 / 222

第十一单元 光伏发电系统安装与调试 / 223

- 课题一 安装太阳能电池方阵 / 224
- 课题二 安装蓄电池 / 227
- 课题三 安装功率控制器和逆变器 / 228
- 课题四 光伏系统布线 / 229
- 课题五 光伏系统安装调试大纲 / 231
- 课题六 光伏系统的安装及维护 / 233
- 练习与提高 / 234

附录 / 235

- 附录一 我国主要城市的辐射参数表 / 235
- 附录二 光伏行业名词解释和术语 / 237

主要参考文献 / 244

第一单元 概述

教学目标

1. 了解太阳能光伏发电运行方式与原理。
2. 掌握太阳能光伏发电系统的基本组成及各部分的功能。
3. 了解我国太阳能光伏产业现状及需要解决的问题和途径。

太阳表面温度高达 $6\,000^{\circ}\text{C}$ ，内部不断进行核聚变反应，并且以辐射方式向宇宙空间发射出巨大的能量。太阳能发电指把太阳照射的能量转化为电能。直接将太阳能变成电能的半导体器件称太阳能电池。太阳能是一种取之不尽、用之不竭的能源。据估算，地球上每年接收的太阳能相当于地球上每年燃烧其他燃料所获能量的 3 000 倍，因此大力开发与利用太阳能是 21 世纪的高新技术。太阳能发电是最理想的新能源开发与利用的方法。当然，要使太阳能发电真正达到实用要求，一是要提高太阳能光电变换效率并降低其成本；二是要实现太阳能发电同现有电网的并网。

课题一

太阳能光伏发电系统的基本原理及运行方式

知识要点

太阳能光伏发电系统的基本原理

一、太阳能光伏发电的工作原理

太阳能光伏发电的能量转换器是太阳能电池，又称光伏电池。太阳能电池发电的原理是光生伏特效应。当太阳光(或其他光)照射到太阳能电池上时，电池吸收光能，产生光生电子——空穴对。在电池内建电场的作用下，光生电子和空穴被分离，电池两端出现异号电荷的积累，即产生光生电压，这就是“光生伏特效应”。若在内建电场的两侧引出电极并接上负载，则负载就有光生电流流过，从而获得功率输出。这样，太阳的光能就直接变成了可以付诸实用的电能。

我们可以把上述太阳能电池将光能转换成电能的工作原理概括成以下3个过程：

第一，太阳能电池吸收一定能量的光子后，半导体内产生电子——空穴对，两者极性相反。

第二，电极性相反的光生载流子被半导体 P-N 结所产生的静电场分开。

第三，光生载流子电子和空穴分别被太阳能电池的正、负极所收集，并在外电路产生电流，从而获得电能。

二、太阳能光伏发电的运行方式

通过太阳能电池将太阳辐射能转换为电能的发电系统统称为太阳能光伏发电系统(简称 PV)。目前，在工程上广泛应用的光电转换器件——晶

查一查

目前，新能源的开发有哪些方向？太阳能发电占有怎样的地位？

做一做

制作太阳能动力小车。

体硅太阳能电池,生产工艺较成熟,已进入大规模产业化生产,应用于工业、农业、科技、文教、国防和人民生活的各个领域。

地面太阳能光伏发电系统的运行方式,主要分为独立太阳能光伏发电系统和并网太阳能光伏发电系统两大类。独立太阳能光伏发电系统一般应用于远离公共电网的无电地区和为一些农牧渔民的基本生活用电及通信中继站、航标、气象台站、边防哨所等特殊处所提供电源。并网太阳能光伏发电系统是与公共电网相连的太阳能光伏发电系统,它使太阳能光伏发电进入大规模商业化发电阶段,成为电力工业组成部分之一,也是当今世界太阳能光伏发电技术发展的主流趋势。特别是光伏电池与建筑结合的联网屋顶太阳能光伏发电系统,是众多发达国家竞相发展的热点。可以说,并网太阳能光伏发电系统发展迅速,市场广阔,前景诱人。

议一议

两种运行方式各有
什么特点?

阅读材料

太阳能光伏技术应用

20世纪60年代,科学家们就已经将太阳能电池应用于空间技术——为通信卫星供电。20世纪末,人类对于光伏发电这种清洁和直接的能源形式已愈加亲切,它不仅在空间应用,而且在众多领域中大显身手。太阳能光伏发电系统典型应用举例如图1-1所示。

(1) 太阳能电源用户: ① 小型电源10~100W不等,用于边远无电地区如高原、海岛、牧区、边防哨所等军民生活用电,如照明、电视、收录机等; ② 3~5kW家庭屋顶并网发电系统; ③ 光伏水泵,解决无电地区的深水井饮用和灌溉。

(2) 交通领域: 如航标灯、交通/铁路信号灯、交通警示/标志灯、路灯、高空障碍灯、高速公路/铁路无线电话亭、无人值守道班供电等。

(3) 通讯/通信领域: 太阳能无人值守微波中继站、光缆维护站、广播/通信/寻呼电源系统;农村载波电话光伏系统、小型通信机、士兵GPS供电等。

(4) 石油、海洋、气象领域: 石油管道和水库闸门阴极保护太阳能电源系统、石油钻井平台生活及应急电源、海洋检测设备、气象/水文观测设备等。

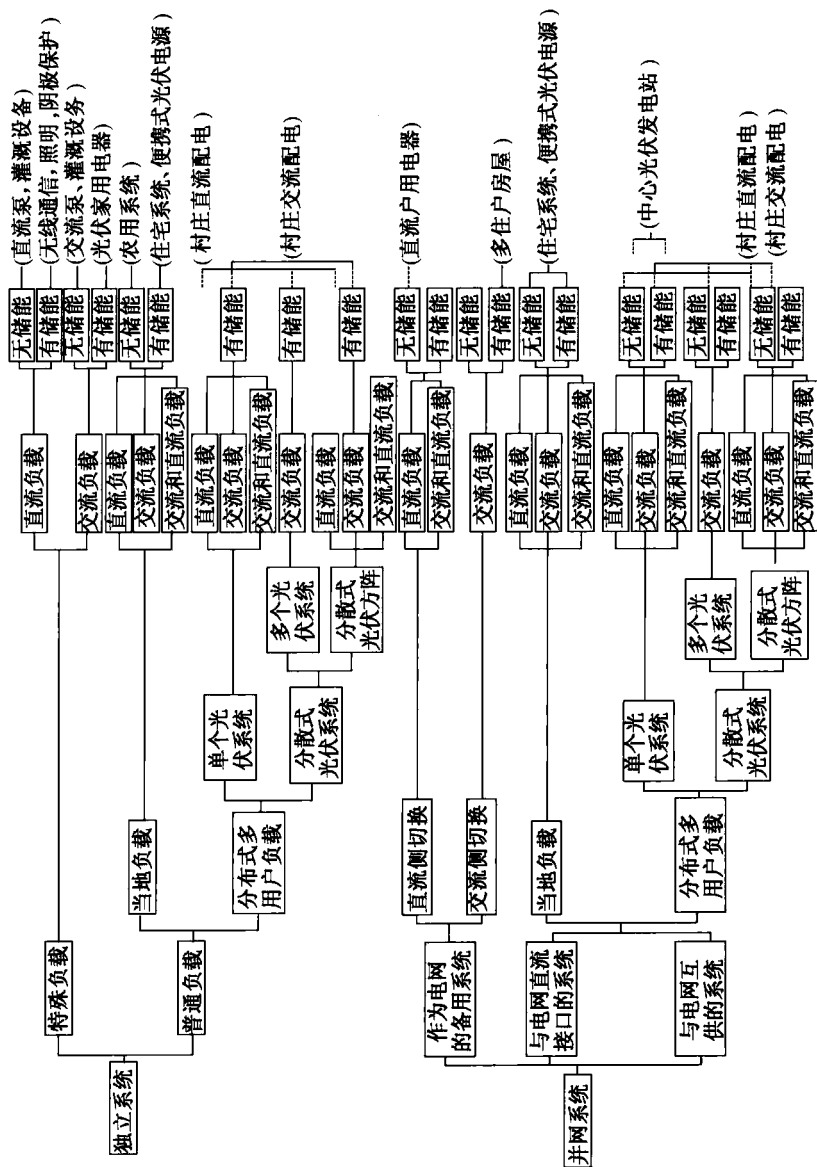


图 1-1 太阳能光伏发电系统典型应用举例

注：① 柴油发电机组、风力发电设备等其他发电方法可用来代替配合储能子系统使用。

② 对于光伏/光热混合系统，仅考虑光伏部分。

(5) 家庭灯具电源：如庭院灯、路灯、手提灯、野营灯、登山灯、垂钓灯、黑光灯、割胶灯、节能灯等。

(6) 光伏电站： $10 \times 10^3 \sim 50 \times 10^6 \text{ W}$ 独立光伏电站、风光(柴)互补电站、各种大型停车场充电站等。

(7) 太阳能建筑：将太阳能发电与建筑材料相结合，使得未来的大型建筑实现电力自给，是未来一大发展方向。

(8) 其他领域：① 与汽车配套的包括太阳能汽车/电动车、电池充电设备、汽车空调、换气扇、冷饮箱等；② 太阳能制氢加燃料电池的再生发电系统；③ 海水淡化设备供电；④ 卫星、航天器、空间太阳能电站等。

目前，美国、日本、印度及欧洲各国特别是德国等都在大力发展太阳能电池的应用，已开始实施的“十万屋顶”计划、“百万屋顶”计划等，极大地推动了光伏市场的发展，前途十分光明。

课 题 二

太阳能光伏发电系统的组成

知识要点

太阳能光伏发电系统组成框图

根据用电负载的特点,独立太阳能光伏发电系统可分为直流系统、交流系统和交直流混合系统几种,其主要区别是系统中是否带有逆变器。一般来说,独立太阳能光伏发电系统主要是由太阳能电池方阵、太阳能控制器、蓄电池(组)组成的。若输出电源为交流 220V 或 110V,则需要配置逆变器。独立太阳能光伏发电系统组成框图如图 1-2 所示。

查一查

太阳能光伏技术应用在哪些方面?

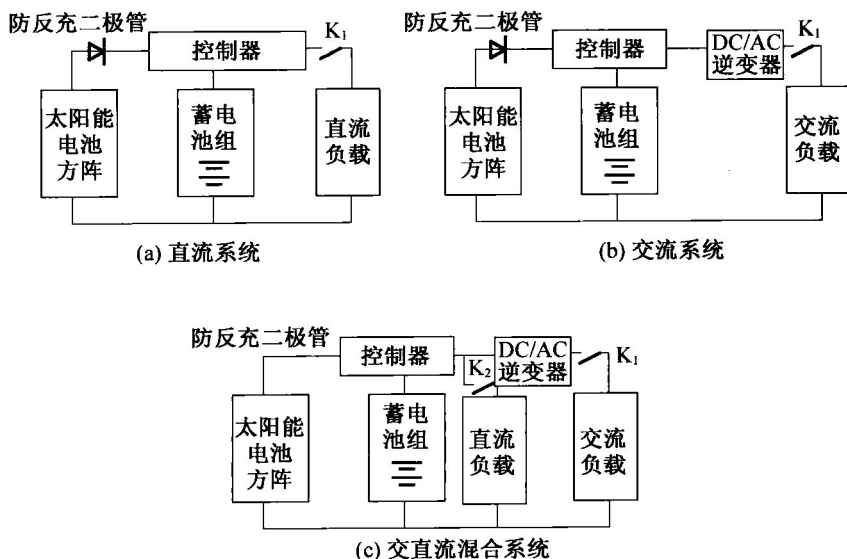


图 1-2 独立太阳能光伏发电系统组成框图